

20040701



Tielaitos

Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1996



Tutkimuskeskus
Helsinki
elokuu 1996

08 TIEL / PAL / PAL

TIIVISTELMÄ

Tielaitoksessa käytetään palvelutasomittareita (PTM), Roadman-laitteita ja Roadmaster-laitteita teiden pintakunnon mittaamiseen. Nämä mittarit on rakennettu teknisesti siten, että niiden antamien tulosten tulisi olla keskenään verrannollisia. Tämän varmistamiseksi mittausautojen keskinäistä toimivuutta testataan mm. vuosittaisilla vertailumittauksilla.

Aikaisemmissa vertailututkimuksissa saadut tulokset ovat yleensä osoittaneet, että tasaisuuden mittauksessa ei ole ongelmia, mutta urien mittauksessa on ollut erityyppisiä toisto- tai vertailtavuusongelmia. Jo nämä urien mittauksessa kohdatut ongelmat ovat antaneet aiheen näiden vertailujen säännölliselle suoritukselle. Koska mittauslaitteet ovat tekniikaltaan muuttaman vuoden ikäisiä, myös vanhenemisesta johtuvia ongelmia on odotettavissa.

Tielaitoksen käytössä on 5 palvelutasomittaria: Uusimaa-Turku, Häme-Vaasa, Oulu, Lappi ja VTT. Tutkimusta varten autoilla mitattiin 14-15.5.1996 Seinäjoen ympäristössä vajaan sadan kilometrin reitti päällystettyjä teitä KUNTO-ohjelman ja 8 kilometrin osuus LAATU-ohjelman tutkimiseksi. Osa reitin alemmasta tieverkosta mitattiin kahdeksalla Roadman/Roadmaster-mittarilla (Häme, Lappi, Tutkimuskeskus (Roadman ja Roadmaster), Savo-Karjala, Viro, Anssi Lampinen ja Kaakkois-Suomi).

Tutkimuksen tärkein tavoite oli tutkia mittausten vertailtavuutta ja toistettavuutta sekä KUNTO- että LAATU-ohjelmalla ja myös vertailla Roadmanin tuloksia PTM:n tuloksiin. Tutkimuksen tulokset voidaan tiivistää seuraavasti:

- mittausten toistettavuus on kaikilla laitteilla erittäin hyvä
- tasaisuuden mittauksessa ei ole ongelmia, lukuunottamatta havaittuja teknisiä vikoja
- autojen pienet erot urien mittauksessa olivat samankaltaiset kuin edellisinä vuosina, mutta asianmukaisesti tehty kalibrointi ja vuosi-huolto pitävät erot käytännössä merkityksettöminä. Yksittäisten poikkeavien uratulosten jatkokäsittelyä tulee kehittää.
- LAATU-mittauksissa on mahdollisesti pieniä ongelmia
- Roadmanien vertaaminen oli hankalaa puutteellisten mittausten vuoksi. Näiden laitteiden kalibrointiin ja tutkimiseen tulee jatkossa kiinnittää enemmän huomiota (erillinen Roadman-tutkimus)
- Roadman- ja Roadmaster -tulokset on konvertoitava vastaamaan PTM-autojen tuloksia.

Tulosten perusteella on erittäin selvää, että PTM-autojen, Roadmanien ja Roadmastereiden huolto ja kalibrointi tulee olla järjestelmällistä ja tarkkaa. Pelkät vertailumittaukset eivät riitä varmistamaan laitteiden toimivuutta, vaan mittareiden omatoimista tarkkailua ja kalibrointia tulee myös tehdä säännöllisesti. Myös riittävät henkilöresurssit toiminnan koordinoimista, kehittämistä ja laadunvarmistusta varten tulee olla käytettävissä.

Sisältö

1. ALKUSANAT	3
2. JOHDANTO JA TUTKIMUSONGELMA.....	3
3. MITTAUSTEN VALMISTELU JA SUORITUS.....	5
4. MITTAUSTEN TOISTETTAVUUS	6
4.1 PTM-AUTOT	6
4.2. ROADMAN JA ROADMASTER -LAITTEET	7
5. LAITTEIDEN VERTAILTAVUUS	7
5.1 PTM-AUTOT	7
5.2 ROADMAN JA ROADMASTER -LAITTEET	9
6. LAATU-OHJELMAN TULOKSET	10
7. ROADMAN-TULOSTEN KONVERTOINTI	12
8. YHTEENVETO.....	13

KIRJALLISUUSLUETTELO

LITTEET: 1. MITTAUSREITTI

2. ROADMAN- JA ROADMASTER-MITTAUSTEN KESKIARVOT

1. ALKUSANAT

Tielaitoksessa on käytetty palvelutasomittareita ja Roadman-laitteita teiden pintakunnon mittaamiseen jo vuodesta 1987 alkaen. Tämän järjestyksessään kahdeksannen vertailututkimuksen tavoitteena on osaltaan selvittää näiden laitteiden antamien tulosten luotettavuutta.

Työ on koostunut kolmesta eri vaiheesta: suunnittelu, mittaus ja tulosten analysointi. Tutkimuksen tekoon ovat osallistuneet tielaitoksen tutkimuskeskuksesta fil.maist. Vesa Männistö (reitien suunnittelu ja tulosten raportointi) ja dipl.ins. Ismo Iso-Heiniemi (mittausten valvonta ja Roadman-tietojen käsittely). Tilastollisena asiantuntijana on toiminut fil.tri Antti Kanto Inframan Oy:stä.

Vertailumittaukset ovat muodostuneet vuosittaiseksi perinteeksi. Tämä on hyvin nähtävissä mittauspäivien sujuvasta etenemisestä. Tutkimuksen tekijät haluavatkin jälleen kiittää kaikkia osallistujia innostuneesta ja erinomaisesta yhteistyöstä.

Jatkossa näiden kalibrointipäivien ajoitusta, sisältöä ja roolia tärkeänä osana mittausten laadunvalvontaa tulee kuitenkin kehittää vastaamaan tulevaisuuden tarpeita.

2. JOHDANTO JA TUTKIMUSONGELMA

Päällystettyjen teiden pintakuntoa mitataan Suomessa pääosin palvelutasomittareilla. Tielaitoksen käytössä on 4 omaa ja yksi VTT:n palvelutasomittari, jotka perustuvat ultraääni- ja lasertekniikkaan. Autot on sijoitettu eri puolille maata seuraavasti:

Auto U	Turun ja Uudenmaan piiri
Auto H	Hämeen ja Vaasan piiri
Auto V	VTT:n auto, Espoo
Auto O	Oulun piiri
Auto L	Tielaitoksen auto, sijoituspaikka Lapin piiri.

Vuodesta 1992 lähtien ovat vertailumittauksiin osallistuneet myös Roadman-mittarit, joilla mitataan joissain piireissä alemman tieverkon tasaisuutta. Tänä vuonna on otettu käyttöön Roadmanin parannettu versio, Roadmaster, joka tulee korvaamaan vanhat Roadmanit tämän ja ensi vuoden kuluessa. Roadmanit ja Roadmasterit ovat sijoittuneet ympäri maata seuraavasti:

Auto AL	AL-Engineering, Espoo (Roadmaster)
Auto HA	Hämeen piiri (Roadman)
Auto KA	Kaakkois-Suomen piiri (Roadmaster)
Auto LA	Lapin piiri (Roadman)
Auto SK	Savo-Karjalan piiri (Roadman)
Auto TK	Tutkimuskeskus (Roadman)
Auto ST	Tutkimuskeskus (Roadmaster)

Kaikki palvelutasomittarit, Roadmanit ja Roadmasterit on pyritty rakentamaan ja kalibroimaan siten, että ne mittaisivat tiestön kuntoa yhtä luotettavasti. Tämän tutkimuksen kannalta mitattavat muuttujat ovat:

nimi (yksikkö)	lyhenne	käyttö
Urasyyvyys (mm)	URA	vilkasliikenteiset tiet
Tasaisuus (mm/m)	IRI	kaikki päällysteet
Tasaisuus (< 4 m) (mm/m)	IRI4	uudet päällysteet
Megakarkeus	MEG4	uudet päällysteet

Megakarkeus on uusi muuttuja, joka kuvaa uuden päällysteen pinnan karkeutta ja se korvaa poikkeamaindeksi uusien päällysteiden laadunvalvonnassa.

Edellisiin vertailututkimuksiin (/1-7/) osallistuivat VTT:n auto ja yksi ruotsalaisen RST-Swedenin auto (1989); autot H, V, U ja L (1990), autot H, V, U, L ja O (1991 -), sekä Roadman-mittareita vuodesta 1992 lähtien. Näissä tutkimuksissa on joka kerta havaittu, että sekä mittauksen toistettavuudessa että absoluuttisissa tuloksissa on pieniä eroja. Saatujen tulosten pohjalta ja uusien autojen rakentamisen jälkeen on käynyt selväksi, että tulosten yhteismitallisuus ei ole tulevaisuudessakaan itsestään selvää vaan sitä pitää edelleen tarkkailla säännöllisesti vertailumittausten muodossa. Lisäksi on myös huomioitava, että autot ovat eri-ikäisiä, niiden tekniikka vanhenee ja saattaa näin aiheuttaa ongelmia.

Tutkittavat osaongelmat ovat seuraavat:

1. KUNTO-mittauksen toistettavuus ja vertailtavuus
2. LAATU-ohjelman tulosten analysointi
3. Roadmanin ja Roadmasterin toistettavuus ja vertailtavuus
4. Roadmanin ja Roadmasterin tulosten muuntaminen vastaamaan PTM-tuloksia

Osaongelmat 1-4 tutkitaan tämän raportin kappaleissa 4-7. Esityksen kolmannessa luvussa kerrotaan vertailumittauksiin liittyvistä yleisistä asioista ja esitellään tutkimusaineisto. Viimeisessä luvussa esitetään tuloksista tehtävät päätelmät ja tarvittavat jatkotoimenpiteet.

Aineiston tilastollinen käsittely on suoritettu SAS-ohjelmistolla. Tilastolliset menetelmät ovat varianssianalyysi ja korrelaatiokerroin. Testauksessa on käytetty t-testiä, F-testiä ja SNK-testiä (Student-Neumann-Keuls) /8/. Osaongelmaan 4 liittyvä regressio estimoitii instrumenttimuuttujatekniikalla /9/.

3. MITTAUSTEN VALMISTELU JA SUORITUS

Vertailumittausten tavoitteena on tutkia mittauslaitteiden käyttäytymistä normaalissa työssä. Tämän takia vertailumittausten käytännön suorituksessa pyrittiin aiempaan tapaan työskentelemään tuotantomittausten luonteisesti, jolloin mittausryhmät työskentelevät täysin itsenäisesti.

Mittausten valmistelu sisälsi mittausreitin suunnittelun ja sen tarkistuksen maastossa. Järjestelyissä pyrittiin huomioimaan otoksen tilastolliset vaatimukset sekä edellisinä vuosina tehdyt virheet, eli

- reittiin on saatava uraisia ja epätasaisia teitä
- mittaus suoritetaan kahden työpäivän aikana
- mittausten käytännön suoritus joustava
- liikenteen häiritsevä vaikutus minimoitava.

Reittiin valittiin vaihtelevan kuntoisia, urautuneita AB-teitä ja epätasaisia, kapeita ÖS-teitä. Reitin valinnan lähtötiedot saatiin Tielaituksen kuntotietorekisteristä. Mittaukset tehtiin tutkimukseen valituilla teillä osin kumpaankin suuntaan siirtoajojen minimoimiseksi. Reitti on kuvattu liitteessä 1.

Autojen tarvitsemat tekniset kalibroinnit oli pyydetty tehtäväksi ennen vertailumittauksia hyvissä olosuhteissa. Tällä tavoin autot oli teknisesti asetettu mahdollisimman hyvin samalle tasolle. Sää mittauspäivien aikana pysyi poutaisena, joten säätekijöiden vaikutusta ei tarvitse ottaa huomioon.

Alkuperäisen mittausaineiston pituus oli perusreitin osalta noin 100 kilometriä. Aineistosta poistettiin ennen analyysijä seuraavat havainnot:

- puutteelliset 100 metrin osuudet
- alle 100 metrin osuudet
- tieosan ensimmäinen 100 metrin osuus
- osuudet, joiden IRI > 15.0

Tämän jälkeen saatiin analysoitavaan aineistoon 81 kilometriä, joilta oli täydelliset tiedot kaikilta PTM-autoilta kahteen kertaan.

4. MITTAUSTEN TOISTETTAVUUS

4.1 PTM-autot

Jos autojen tekniikka on kunnossa ja miehistö työskentelee huolellisesti, autojen tulisi tuottaa samoilla osuuksilla tapahtuvissa peräkkäisissä mittauksissa samankaltaisia tuloksia.

Tässä vertailussa tutkittiin samanaikaisesti myös PTM-ohjelmaversion vaikutusta tuloksiin. Ensimmäinen kierros ajettiin vanhalla ja toinen uudella ohjelmaversiolla.

Toistettavuutta tutkittiin kahdella tavalla: laskemalla peräkkäisten mittausten (merk. y_1 ja y_2) hajonta $s(y)$ kaavalla

$$s(y) = 2^{-0.5} | y_1 - y_2 |$$

ja toisaalta laskemalla kahden perättäisen mittauksen välinen korrelaatio (r). Tulokset ovat taulukossa 4.1.

Taulukko 4.1. PTM-mittausten toistettavuus

	IRI	URA	IRI	URA
	$s(y)$	$s(y)$	r	r
Auto H	0.12	0.58	0.94	0.93
Auto L	0.11	0.83	0.95	0.94
Auto O	0.15	0.85	0.92	0.90
Auto U	0.16	1.13	0.93	0.85
Auto V	0.13	0.87	0.92	0.93

Kaikkien autojen mittausten toistettavuus on erittäin hyvä, urien osalta jopa edellisiä vuosia parempi. IRI:n osalta autojen O ja U toistettavuus on tilastollisesti merkitsevästi heikompi kuin muiden autojen, ja uran osalta auton U toistettavuus on merkitsevästi muita huonompi. Merkitsevyydestä huolimatta erot ovat käytännön kannalta pieniä, eivätkä anna aihetta toimenpiteisiin. Huomautettakoon, että auton H toistettavuus on erinomainen huolimatta autossa mittaushetkellä olleesta teknisestä viasta.

Johtopäätökset:

PTM-autojen mittausten toistettavuus on edelleen erittäin hyvä kaikilla autoilla. Ohjelmistoversioiden välillä ei havaittu eroja.

4.2. Roadman ja Roadmaster -laitteet

Taulukossa 4.2 on esitetty kahden peräkkäisen IRI-mittauksen väliset hajonnat ja korrelaatiot niillä Roadman ja Roadmaster -mittareilla, joilla on mitattu samoja tieosuuksia useamman kerran.

Taulukko 4.2. Roadman -mittausten toistettavuus

	IRI hajonta	IRI korrelaatio
Auto AL	0.20	0.93
Auto HA	0.10	0.97
Auto KA	0.16	0.94
Auto SK	0.14	0.94
Auto ST	0.19	0.89
Auto TK	0.15	0.94

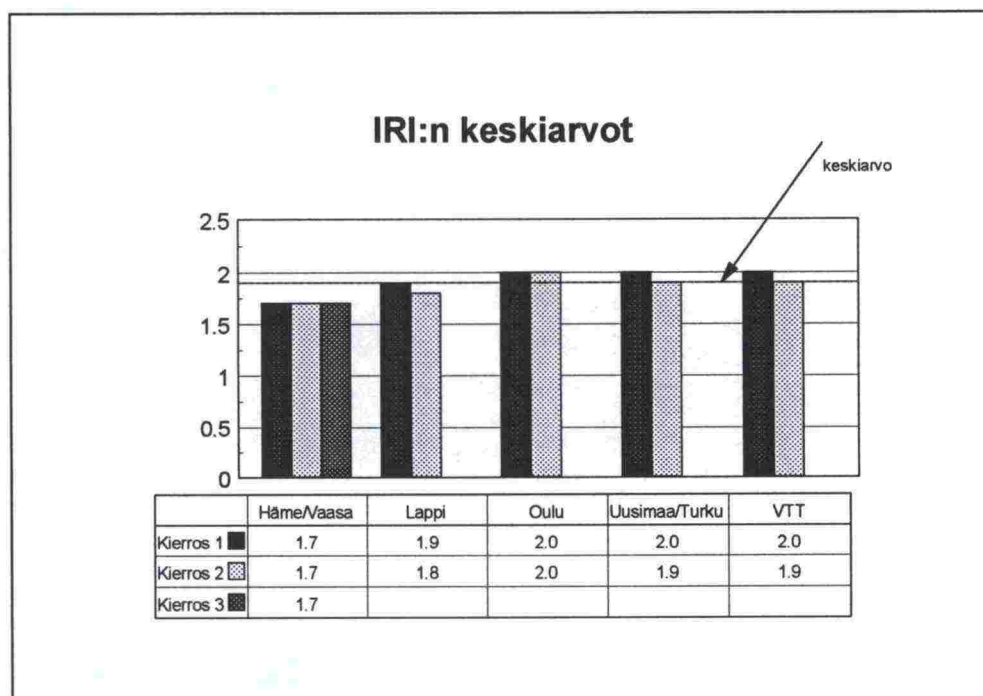
Johtopäätökset:

Korrelaatioista nähdään selvästi, että Roadman ja Roadmaster -mittausten toistettavuus on näillä tutkituilla laitteilla erinomainen.

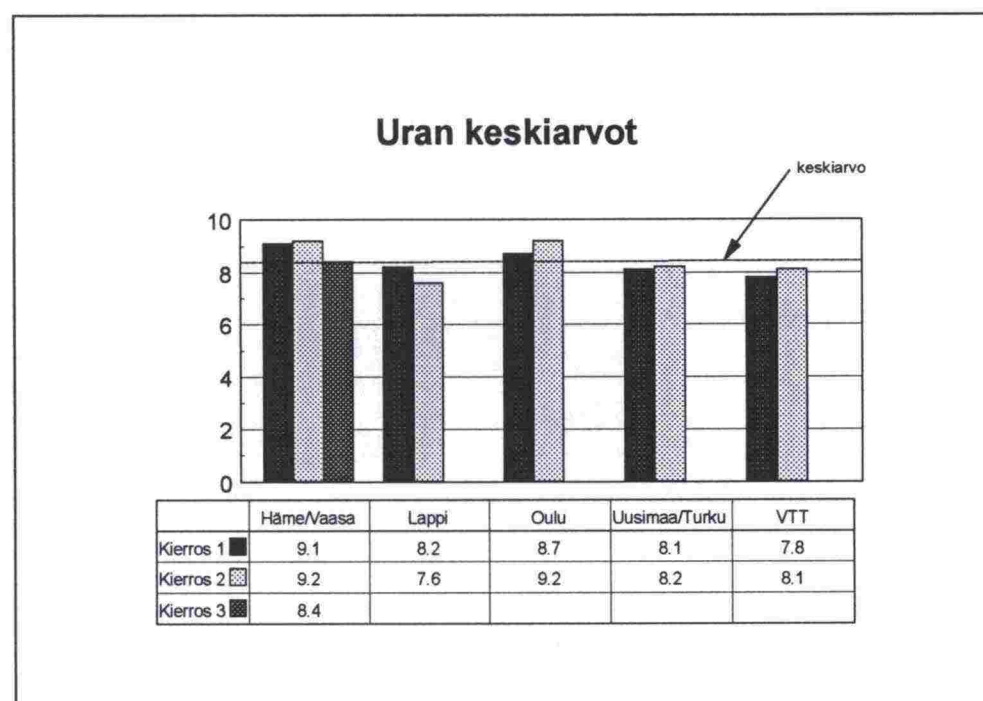
5. LAITTEIDEN VERTAILTAVUUS**5.1 PTM-autot**

Kukin auto mittasi tutkittavan reitin kahteen kertaan. Koska Hämeen auton IRI-mittaukset poikkesivat muista, autolla mitattiin reitti korjauksen jälkeen (17.6) vielä kolmannen kerran. Tästä huolimatta Hämeen auton tulokset pysyivät IRI:n osalta huomattavasti muita autoja alhaisempana. VTT:n autolla suoritetussa tarkistusmittauksessa (20.6) havaittiin, että kolmannen mittauskerran alhainen tulos aiheutuu alemman tieverkon kevätepatasaisuuden korjaantumisesta. Tarkistusmittaukset antoivat keskenään samankaltaisia tuloksia, joten Hämeen auton voidaan katsoa toimivan normaalisti korjauksien jälkeen.

Lopulliseen vertailuun otettiin mukaan se osa reittiä, josta oli täydelliset tiedot kaikilta autoilta ja kaikilta mittauskerroilta. Tällaista reittiä oli kaikkiaan 81 km. Keskimääräiset mittausarvot ovat kuvissa 5.1 ja 5.2.



Kuva 5.1. Reitin tulosten IRI:n keskiarvot eri autoille ja mittauskerroille



Kuva 5.2. Reitin tulosten uran keskiarvot eri autoille ja mittauskerroille

Erojen merkitsevyys testattiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä, jossa selittäjinä olivat auton ja mittauskerran vaikutus mittaustulokseen. IRI:n osalta Hämeen auton IRI-tulokset poikkesivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi muista (p-arvo 0.001) ja oli kautta linjan noin 0.3 yksikköä muita mittaustuloksia pienempi. Lapin auton mittaustulos on niinkään muita pienempi, mutta ero on tilastollisesti merkitsevä vain toisen mittauskerran osalta. Ero on käytännön kannalta mitätön. Hämeen auton poikkeavuutta tutkittiin vielä tieosakohtaisesti. Näin tarkasteltuna 18 tieosasta 13 oli sellaista, joissa Hämeen auto antoi kolme alhaisinta keskimääräistä mittaustulosta. Tämä varmisti sen, että tulosten ero oli systemaattista eikä johtunut yksittäisistä poikkeushavainnoista. Vaikka Hämeen auto jätettiin tarkastelusta kokonaan pois, Lapin auton toinen mittaustulos poikkesi edelleen merkitsevästi muista (p-arvo 0.025).

Uramittauksissa otettiin huomioon vain ylempi tieverkko, jolloin käytettävissä oli täydelliset tiedot 64.9 kilometrin reitiltä. Mittauksissa Lapin auton toinen mittaustulos on merkitsevästi muita pienempi. Mittaajien mukaan Lapin auton uramittauksissa on ollut jotain ongelmia, ja ne havaittiin myös näistä tuloksista, sillä mittaustuloksissa on useita suuruusluokaltaan muita autoja suurempia mittaustuloksia, jotka ovat selvästikin virheellisiä. Näistä liian suurista mittaustuloksista huolimatta Lapin auton mittaama keskimääräinen urasyvyys on muita autoja alhaisempi. Hämeen ja Oulun autojen mittaustulokset ovat muita kolmea autoa korkeammat, ero vajaat 1 mm.

Johtopäätökset:

Hämeen PTM-autossa oli tekninen vika, joka on korjattu. Lapin auton uramittauksissa on ongelmia. Muuten havaitut pienet erot ovat käytännössä merkityksettömiä.

Urien mittaamisessa on joka vuosi havaittu pieniä epäselvyyksiä, kuten eri määrät negatiivisia uria ja epälukeinen määrä poikkeavia havaintoja. Koska tiestön uratilanne on erinomainen, ei näistä ole ollut suurta haittaa. Jatkossa näihin poikkeaviin havaintoihin on kuitenkin kiinnitettävä huomiota, koska niiden merkitys kokonaisuuden kannalta on häiritsevä, vaikkakin pieni.

5.2 Roadman ja Roadmaster -laitteet

Roadman- ja Roadmaster -laitteista mittauksiin osallistuivat seuraavat autot: Anssi Lampinen (AL), Häme (HA), Kaakkois-Suomi (KA), Lappi (LA), Savo-Karjala (SK), Tutkimuskeskus (TK ja ST), ja Viro (EE).

Analysointiongelmia aiheutui jälleen siitä, että useat autot eivät olleet mitanneet koko reittiä. Liitteessä 2 on mittaustulosten keskiarvot autoittain ja tieosittain.

Mittausten analysoinnin ongelmana on puuttuvien tieosien suuri määrä. Tämän johdosta osa tieosista jouduttiin karsimaan pois analyysistä. Lopulliseen analysoituun reittiin jäi teitä 64.6 km, jotka kaikki (autoa EE) lukuunottamatta olivat mitanneet kahteen kertaan. Tulokset ovat taulukossa 5.2. Lukemisen helpottamiseksi ne on laitettu keskiarvon mukaiseen järjestykseen.

Taulukko 5.2. IRI:n keskiarvot autoittain kaikkien mittaamilla tieosilta

auto	IRI	auto	IRI	auto	IRI
KA1	2.9	ST2	2.2	LA2	1.8
AL2	2.9	TK1	2.0	LA1	1.5
AL1	2.9	ST1	2.0		
SK1	2.7	TK2	2.0		
KA2	2.7				
SK2	2.6				
EE1	2.5				
HA1	2.5				
HA2	2.42				

Autot erottuvat kolmeksi ryhmäksi, joissa ylimpään kuuluvat autot AL, EE, HA, KA ja SK. Näistä lisäksi auto AL on hieman muita ylempänä. Keskiryhmän muodostaa Tutkimuskeskuksen laitteilla tehtyt mittaukset (ST ja TK) ja alimman ryhmän auto LA. Auton LA mittaamat tulokset olisivat olleet vieläkin alhaisemmat ilman muutamaa tieosaa, joissa mittaustulos on räikeästi muita korkeampi. Lapin Roadmanissa oli jo muutenkin epäilty olevan jotain teknistä vikaa, joten se vietiin korjattavaksi kalibrointipäivien jälkeen.

Eräs selittävä tekijä autojen välisiin eroihin voisi olla auton tyyppi, sillä erilainen jousitus ja/tai erilaiset renkaat ja rengaspaineet voivat vaikuttaa tuloksiin. Tätä ei kuitenkaan nyt tutkittu, vaan se jätetään erillisen Roadman-tutkimuksen aiheeksi.

Johtopäätökset:

Lapin mittarissa oli teknistä vikaa. Tutkimuskeskuksen mittarit tulee tarkastaa mahdollisen teknisen vian varalta. Roadmasterin tulokset ovat lievästi Roadmania korkeammat. Kaikkien mittareiden tulokset pitää konvertoida vastaamaan PTM-autojen tuloksia (kappale 7). Myös erillinen, pelkästään Roadman-laitteisiin kohdistuva vertailututkimus kannattaa suorittaa.

6. LAATU-OHJELMAN TULOKSET

LAATU-ohjelma on tarkoitettu uusien päällysteiden tasaisuuden laadunvalvontamittauksiin. Edellisten vuosien vertailussa ei ole havaittu merkitseviä eroja lukuunottamatta vuotta 1993, jolloin eroa syntyi teknisten vikojen takia.

Vertailut suoritettiin tien 19 tieosalla 3, jonka pituus on 7.9 km. Laadultaan tämä osuus on uutta ja varsin tasaista kestopäällystettyä. Kukaan auto mittasi reitin kahteen kertaan. Mitattavat muuttujat olivat epätasaisuus (IRI), lyhyiden aallonpituuksien epätasaisuus (IRI4) ja uutena muuttujana megakarkeus (MEG4). Autolla U ei kuitenkaan ole kuin yksi mittaus muuttujasta MEG4.

Taulukko 6.1. Lopullisen testireitin mittausarvot eri autoille ja mittauskerroille

	IRI	IRI4	MEG4
Auto H kerta 1	0.82	0.59	0.18
Auto H kerta 2	0.83	0.59	0.17
Auto L kerta 1	0.88	0.61	0.17
Auto L kerta 2	0.88	0.62	0.16
Auto O kerta 1	0.92	0.63	0.18
Auto O kerta 2	0.92	0.63	0.18
Auto U kerta 1	0.87	0.55	
Auto U kerta 2	0.87	0.62	0.16
Auto V kerta 1	0.97	0.61	0.18
Auto V kerta 2	0.95	0.57	0.18

IRI:n osalta autot O ja V antavat tilastollisesti merkitsevästi muita suurempia arvoja ja auto H merkitsevästi pienempiä arvoja. IRI4:n osalta puolestaan autojen L ja O antamat arvot ovat merkitsevästi muita suurempia. Ero on suuruudeltaan kuitenkin melko pieni; noin 0.03-0.04. Muuttujalle MEG4 auton L molemmat mittaukset ja auton U ainoa mittaus on merkitsevästi muita pienempi.

Taulukossa 6.2 on esitetty peräkkäisten LAATU-mittausten hajonnat, jotka on laskettu samalla tavalla kuin KUNTO-mittausten hajonnat (kappale 4).

Taulukko 6.2. Eri muuttujien peräkkäisten mittausten hajonnat

	IRI	IRI4	MEG4
	hajonta	hajonta	hajonta
Auto H	0.02	0.03	0.01
Auto L	0.03	0.03	0.01
Auto O	0.02	0.02	0.01
Auto U	0.05	0.06	---
Auto V	0.04	0.05	0.01

Autojen U ja V toistettavuus on hieman muita huonompi, mutta silti riittävän hyvä.

Johtopäätökset:

Mittareissa on pientä tilastollista eroa sekä tason että toistettavuuden suhteen. Ero on kuitenkin vain korkeintaan mittaustarkkuuden luokkaa, joten sillä ei ole käytännön merkitystä.

7. ROADMAN-TULOSTEN KONVERTOINTI

Tielaitos ja VTT ovat tutkineet tasaisuusmittareiden välisiä yhteyksiä. Aikaisempien tulosten mukaan Roadman eroaa palvelutasomittareista siten, että tasaisilla teillä Roadman antaa pienempiä ja epätasaisilla teillä suurempia IRI-arvoja kuin palvelutasomittarit keskimäärin.

Jotta PTM- ja Roadman -autojen mittaustuloksia voitaisiin verrata toisiinsa, rakennettiin niiden välille kalibrointikaava. Autot pyrittiin kalibroimaan ”keskimääräiseen PTM-autoon” (MITTA), joka saatiin laskemalla PTM-autoista autojen O, U ja V keskiarvo. Auto H jätettiin pois edellä mainittujen teknisten ongelmien kanssa ja auto L selvästi muista poikkeavien mittaustulosten vuoksi. Kullekin Roadman -autolle tehtiin regressioanalyysi

$$\text{MITTA} = a + b \cdot \text{ROADMAN},$$

Roadman on kunkin Roadman-auton tulos lukuunottamatta autoa LA, jonka mittaustulokset ovat epäluotettavia. Regressio ei toteuta regressioanalyysin oletuksia, sillä selittäjässä on mittausvirhettä ja malli estimoitii instrumenttimuuttuja-tekniikalla, jolla saatiin jonkin verran tavanomaisella estimointimenetelmiä parempia tuloksia. Instrumentteina käytettiin muita Roadman -autoja.

Taulukko 7.1. Roadman-mittareiden kalibrointi keskimääräiseen PTM-autoon nähden.

Auto	a	b	selitysaste (R ²)
AL	0.743	0.723	0.548
HA	1.081	0.639	0.493
KA	0.587	0.786	0.543
SK	0.817	0.692	0.545
TK	0.814	0.694	0.547
ST	0.835	0.685	0.534

Mallit muistuttavat kohtalaisen paljon toisiaan ja niiden selitysasteet ovat suuruusluokaltaan samanlaisia. Tulokset ovat myös samankaltaiset aikaisempina vuosina saatujen kalibrointikaavojen kanssa. Näiden avulla voidaan Roadman-tulokset muuntaa haluttaessa vastaamaan PTM-tuloksia esim. kuntotietorekisterissä tai PMS91:ssä.

8. YHTEENVETO

Tässä raportissa on kuvattu järjestyksessään kahdeksas palvelutasomittareiden vertailumittaustapahtuma. Saadut tulokset osoittivat jälleen, että autojen säännöllinen vertailu on välttämätöntä, ja että nämä vuosittaiset yhteiset tapahtumat muodostavat vain ehdottoman minimitason, mikä vaaditaan tietojen laadun varmistamiseksi. Vaikka autot ja miehistöt toimivatkin yleisesti ottaen erittäin hyvin, on tämäntyyppinen vertailu lähes ainoa tapa löytää niitä pieniä, mutta varsin harmillisia ja negatiivista keskustelua aiheuttavia ongelmia, joita saattaa ilmetä missä tahansa PTM-autossa tai Roadman-mittarissa.

Tämän vuoden mittauksissa havaittiin tekninen vika Hämeen PTM-autossa. Korjauksen jälkeen mittari toimii jälleen normaalisti. Lapin PTM-auton uramittauksessa on jotain vikaa, ja auto tulee tarkistaa. Vikaa löydettiin myös Lapin Roadmanista. Tutkimuskeskuksen Roadmanin tulokset poikkesivat merkittävästi muiden tuloksista, joten myös sen toimivuus tulisi tarkistaa.

Alla on tehty lyhyt yhteenveto tutkimustuloksista.

Toistettavuus:

Kaikilla autoilla mittausten toistettavuus on edelleen hyvä tai erinomainen.

Vertailtavuus:

Tasaisuuden mittauksissa ei ole ongelmia (lukuunottamatta edellä mainittuja viallisia autoja).

Uramittauksissa ei ole ongelmia, lukuunottamatta Lapin PTM-autoa, jonka mittaustuloksista jotkut olivat selkeästi virheellisiä, muihin autoihin verrattuna jopa kaksinkertaisia. Keskiarvona Lapin auto antoi kuitenkin liian alhaisia mittaustuloksia. Tämä voi johtua esim. negatiivisista urasyvyyksistä.

LAATU-ohjelma:

Aiempina vuosina LAATU-mittauksissa ei ole ollut ongelmia. Näissä mittauksissa autojen välillä oli tilastollisesti merkitsevää, joskin käytännössä merkityksettömän pientä eroa.

Roadman- ja Roadmaster -tulokset:

Lapin Roadman-mittaukset poikkesivat muista huomattavasti. Tätä oli jo epäiltykin. Myös Tutkimuskeskuksen mittari antoi muita alhaisemman mittauks tuloksen, joskaan ei niin suuresti poikkeavaa kuin Lapin auto. Muut mittarit antoivat vertailukelpoiset tulokset. Tutkimustulokset viittasivat kuitenkin sen suuntaisesti, että Roadmaster -mittarien tulokset ovat lievästi Roadman -mittareiden tuloksia suurempia.

Kaikkien Roadman -mittareiden IRI-tulokset täytyy konvertoida, jotta ne saadaan vertailukelpoisiksi PTM-autojen IRIen kanssa. Myös auton tyypin, renkaiden, rengaspaineiden ja ehkä iskunvaimentimien kunnon vaikutusta tulisi tutkia tarkemmin.

Suositus jatkotoimenpiteiksi:

Edellä kerrottujen tulosten pohjalta on selvää, että sekä PTM- että Roadman-tuotantomittauksia pitää tarkkailla jatkuvasti. Tärkeintä näyttäisi tarkan työskentelyn lisäksi olevan säännöllinen ja perusteellinen kausihuolto ja kalibrointi, joka tehdään kaikille laitteille samalla tavalla ennen kevätmittauskauden alkua. Lisäksi tarvitaan riittävästi keskushallinnon resursseja mittaus-ten koordinointiin, laadunvalvontaan ja kehittämiseen.

Tärkeitä ovat myös yhteiset vertailumittauspäivät, joiden aikana pidetään yllä yhteistyötä, verrataan mittalaitteita ja raportoidaan mittauksiin liittyviä ajankohtaisia asioita. Tämä tilaisuus voidaan pitää nykyistä lyhyempänä ja myös hieman myöhemmin (kesäkuun puolivälissä). Roadman-mittareita kannattaa myös vertailla kesän mittaan PTM-autojen tulosten kanssa.

Seuraavia käytännön toimenpiteitä suositellaan tehtäväksi:

- Teknisten muutosten jälkeen autot on aina testattava jonkun muun palvelutasomittarin kanssa korjausten vaikutuksen varmistamiseksi.
- Omaehtoisen kalibroinnin ja testauksen olisi oltava tehokkaampaa. Näin löydettäisiin nopeammin mahdolliset tekniset virheet. Tämä voidaan hoitaa tekemällä piiriin testireitti, joka ajetaan säännöllisesti ja myös sopimalla naapuripiirin laitteiden kanssa säännöllisistä testeistä.
- Urien mittauksissa esiintyvien yksittäisten negatiivisten arvojen jatkokäsittelyä tulee tutkia
- Roadmanin ja Roadmasterin tulokset tulee konvertoida ennen kuin niitä käytetään yhdessä PTM-tulosten kanssa.
- Roadmanin ja Roadmasterin luotettavuutta tulee tutkia erillisellä tarkemmalla tutkimuksella
- Tutkimuskeskuksen mittausvastaavat ovat entistäkin kiinteämmässä yhteistyössä mittaushenkilöstön kanssa, jolloin tilannetiedot välittyvät helpommin.

KIRJALLISUUSLUETTELO:

1. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1989. Julkaisematon raportti. Tiehallitus ja Statistical Computing Oy.
2. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1990. TIEL 3200008.
3. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1991. TIEL 3200008-1.
4. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1992. Julkaisematon raportti. Tiehallitus ja Statistical Computing Oy.
5. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1993. Julkaisematon raportti. Tielaitos/Tk ja Statistical Computing Oy.
6. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1994. Julkaisematon raportti. Tielaitos/Tk ja Inframan Oy.
7. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1995. Julkaisematon raportti. Tielaitos/Tk ja Inframan Oy.
8. SAS Institute Inc., SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition. Cary, NC, USA.
9. Johnston, John. (1963), Econometric Methods. McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo, Japan.

Liite 1. Mittausreitti

Tie	Tieosa	Pituus (pyöristetty 100 metriin)
19	3	7876
19	9	5537
19	10	4045
67	21	4821
67	22	2126
67	23	3503
697	3	3810
697	4	2892
697	5	7640
7004	1	11990
7035	1	5525
7041	4	3477
17404	1	4287
17404	2	5156

Liite 2. Roadman- ja Roadmaster -mittausten keskiarvot tieosittain

Rivi OSA/SK osoittaa tieosan ja mittaussuunnan. Numero (1 tai 2) auton tunnuksessä osoittaa mittauskertaa.

Tie 19

OSA/SK	3/1	3/2	9/1	9/2	10/1	10/2
AL1			1.38		1.23	
AL2			1.41		1.16	
EE1		1.47		1.44		
HA1			1.39	1.39	1.19	1.50
HA2			1.44	1.33	1.20	1.45
KA1			1.36	1.33	1.08	1.54
KA2			1.24	1.26	1.00	1.39
LA1	0.47	0.52	0.67	0.62	0.88	0.76
LA2			0.68	0.72	0.93	0.64
SK1				1.45		1.83
SK2			1.44	1.46	1.45	1.72
ST1		1.09	0.95	0.90	1.11	
ST2		1.03	0.95	0.89	1.03	
TK1			1.10		1.11	
TK2			1.15		1.15	

Tie 67

OSA/SK	21/1	21/2	22/1	22/2	23/1	23/2
AL1	2.60	2.50	1.81	1.60	1.36	1.32
AL2	2.64	2.47	1.98	1.64	1.37	1.32
EE1						
HA1						
HA2						
KA1	2.39	2.19	1.81	1.45	1.29	1.22
KA2	2.13	2.39	1.72	1.48	1.30	1.24
LA1	3.61	2.61	2.85	2.92	2.23	2.16
LA2						
SK1						
SK2						
ST1						
ST2						
TK1						
TK2						

Tie 697

OSA/SK	3/1	3/2	4/1	4/2	5/1	5/2
AL1	2.30	1.12	2.59	2.29	2.04	
AL2	2.06	1.17	2.58	2.34	2.06	
EE1	1.18		2.23		2.19	
HA1	1.78	1.22	1.88	2.00	1.95	
HA2	1.85	1.21	2.07	2.07	1.93	
KA1	2.18	0.97	2.47	2.35	2.18	1.96
KA2	2.08	1.10	2.33	2.20	1.86	2.08
LA1	0.66	0.48	0.98	1.14	1.28	1.06
LA2	1.61	1.09	2.49	3.46	1.71	2.89
SK1	2.21	1.54	2.09	2.29	1.92	2.16
SK2	2.18	1.46	2.21	2.20	1.88	2.13
ST1	0.79	1.08	1.91	1.77	1.69	1.76
ST2	0.78	0.95	1.97	1.80	1.45	1.70
TK1	0.96		1.87		1.77	
TK2	1.02		1.80		1.74	

Tie 7004	7004	7035	7035	7041	7041	7041
OSA/SK	1/1	1/2	1/1	1/2	4/1	4/2
AL1	3.69	3.16	2.87	3.08	2.17	3.39
AL2	3.55	3.13	3.32	2.97	1.95	3.06
EE1	3.12		2.91		3.38	
HA1	3.14	2.77	2.67	2.75	2.30	2.94
HA2	2.92	2.72	3.56	2.86		
KA1	3.50	2.96	3.25	2.85	2.08	3.25
KA2	3.11	2.86	3.24	2.75	2.09	3.28
LA1	1.98	7.35	1.50	1.61	1.74	1.65
LA2	1.69	1.74	1.93	1.65		
SK1	3.19	3.01	3.03	2.82	2.36	3.35
SK2	3.02	2.94	2.98	2.81		
ST1	2.39	2.44	2.55	2.48	1.64	2.58
ST2	2.91	2.43	2.47	2.35		
TK1	2.42		2.43		2.64	
TK2	2.34		2.47			

Tie	17353	17353	17353	17353	17404	17404	17404	17404
OSA/SK								
1/1	1/2	2/1	2/2	1/1	1/2	2/1	2/2	
AL1 3.44	3.70	3.59	3.98	3.75	3.68	5.40	4.60	
AL2 3.58	3.48	3.28	3.65	4.15	4.06	5.24	4.49	
EE1			3.72		4.82			
HA1				3.97	3.49	5.05	4.58	
HA2								
KA1 3.97	3.99	4.04	4.62	4.80	4.34	6.06	4.93	
KA2 3.70	4.02	3.81	3.99	4.14	4.31	5.13	5.04	
LA1				8.14	8.46	9.57	4.71	
LA2					2.15		2.69	
SK1				4.62	6.12	6.70	5.87	
SK2								
ST1				2.44	3.16	5.37	4.32	
ST2								
TK1					3.24		4.32	
TK2								